

APPORT DE SPOT A LA TELEDETECTION DE L'OCCUPATION

DU SOL EN MILIEU MEDITERRANEEN.

PREMIERE EVALUATION D'IMAGES SIMULEES SUR LA CORSE

Contribution of SPOT to land-use remote sensing in Mediterranean zone.

Assessment of simulated images in Corsica.

par

P.Y. REVILLION

Bureau pour le Développement de la Production Agricole

202, rue de la Croix Nivert - 75015-PARIS

Résumé

Afin de tester l'apport de l'imagerie SPOT pour l'étude de l'occupation du sol dans les paysages complexes du Domaine méditerranéen, une simulation de données SPOT a été réalisée sur un site de Corse. L'examen des images obtenues a permis une première évaluation de la haute résolution et de la radiométrie de SPOT pour l'analyse des espaces naturels, agricoles et bâtis.

Abstract

In view of assessing specific contribution of SPOT imagery to study land-use in heterogeneous landscapes of mediterranean zone, simulated SPOT data were performed on a test-site in Corsica (France). Investigation was conducted to assess SPOT high resolution and radiometry for surveying natural, agricultural and urban areas.

INTRODUCTION

Pour des raisons à la fois écologiques et historiques les paysages du domaine méditerranéen sont généralement très hétérogènes et complexes : compartimentage géomorphologique et pédologique, morcellement des écosystèmes naturels et aménagés, complexité de composition et de structure des formations végétales naturelles, petite taille du parcellaire agricole, arboriculture.

L'emploi de la télédétection spatiale pour étudier l'occupation et l'utilisation des sols dans ce type de paysage est actuellement limitée par la faible résolution de l'imagerie LANDSAT MSS qui ne permet que des reconnaissances physiologiques à petite échelle (identification des grands types de formations végétales naturelles et de terroirs agricoles).

C'est pourquoi il est apparu intéressant d'effectuer une première évaluation des possibilités qu'offrira le satellite SPOT pour l'analyse de ces paysages qui constituent, à l'heure actuelle, des "cas limites" pour l'utilisation de la télédétection spatiale.

Dans le cadre de la première campagne de "simulations SPOT" du GDTA effectuée en 1980, une simulation d'images SPOT a été réalisée sur un site de Corse bien connu du B.D.P.A. Les investigations effectuées à partir des données simulées ont permis une première évaluation de l'apport spécifique de la haute résolution et de la radiométrie de SPOT pour l'analyse de l'occupation du sol (espaces naturels, agricoles, et bâtis).

Dans cette communication, nous présentons successivement :

- les caractéristiques de la région étudiée,
- les modalités d'acquisition et d'interprétation des données simulées de SPOT,
- les résultats obtenus et les premières conclusions qu'ils appellent.

### 1 - LA REGION ETUDIEE

Le choix s'est porté sur la région de PORTO-VECCHIO (Corse du Sud) qui présentait les avantages suivants :

- bonne représentativité des paysages méditerranéens hétérogènes et complexes que l'on souhaitait analyser,
- existence de cartes thématiques récentes établies par des moyens conventionnels (géologie, pédologie, végétation et occupation du sol),
- connaissance préalable du terrain par l'investigateur.

Cette région comporte une zone de moyenne montagne (1200 m) correspondant à un horst granitique qui domine, par un grand versant à pente raide, une zone de collines littorales (200 m) modelées dans les granodiorites. Le contact entre ces deux unités physiographiques se fait par une faille d'orientation NE-SW.

Deux cours d'eau, à régime torrentiel, l'Oso et le Stabiacco, entaillent le versant granitique et traversent les collines littorales par deux systèmes de plaines et terrasses alluviales avant de déboucher sur le Golfe de Porto-Vecchio par deux deltas marécageux.

Cette configuration géomorphologique accidentée à proximité du littoral, détermine un étagement écologique intéressant :

- les collines littorales appartiennent à l'étage "méditerranéen inférieur" (G. DUPIAS et H. GAUSSEN - 1965) et sont occupées par une suberaie (forêt de chêne-liège) qui exploite les sols assez profonds d'arène granitique et d'alluvions. Celle-ci est dégradée en maquis haut ou bas dans les zones les plus littorales qui subissent des incendies fréquents. Ailleurs, elle revêt une physionomie différente selon l'utilisation qui en est faite : parcelles à l'état naturel (boisement plus ou moins dense de chênes-lièges avec maquis haut ou bas en sous-bois), parcelles aménagées en prairies ou parcours arborés (pré-bois), zones "mitées" par l'habitat diffus à proximité de Porto-Vecchio et des hameaux.

Les plaines et terrasses alluviales et les dépressions séparant les axes collinéens sont occupées en grande partie par l'agriculture : vignes, vergers, prairies, cultures fourragères.

- la zone de moyenne-montagne appartient aux étages "méditerranéen supérieur" et "montagnard". Le premier se caractérise par des formations forestières ou pré-forestières (maquis arboré) avec prédominance du Pin Maritime et du Chêne Vert en mélange ou en peuplement pur selon les secteurs. L'étage "montagnard", de faible extension dans la zone d'étude, correspond à des peuplements forestiers de Pin Laricio. Les plus beaux massifs forestiers (futaies de pins) sont situés dans le secteur de l'Ospédale, à proximité du hameau et du barrage du même nom, et font partie de la forêt domaniale de Barocaggio - Marghese.

On notera la relative homogénéité du substrat siliceux constitué pour l'essentiel d'arènes granitiques en place ou colluvionnées et de sols alluviaux composés également de matériaux d'origine granitique. Beaucoup plus que la nature du sol, ce sont l'altitude, l'exposition, et l'impact humain qui expliquent les variations spatiales de la couverture végétale.

La frange littorale se caractérise par une côte rocheuse découpée comportant quelques plages sableuses et des étangs et marais littoraux. La pression de l'urbanisation se traduit par différentes formes d'habitat diffus ou groupé et par un réseau de voirie assez dense.

## 2 - LES IMAGES SIMULEES DE SPOT

La simulation de l'imagerie SPOT a été réalisée selon la filière radiométrique F2 mise au point par le CNES (N. LANNELONGUE et G. SAINT - 1982).

Cette filière permet d'avoir accès aux paramètres intervenant dans la radiométrie des images SPOT, et notamment :

- la résolution spatiale : 10 m en mode panchromatique et 20 m en mode multispectral
- les bandes spectrales :

S 1 :	0,50 - 0,59 $\mu\text{m}$
S 2 :	0,61 - 0,68 $\mu\text{m}$
S 3 :	0,79 - 0,89 $\mu\text{m}$
P :	0,51 - 0,73 $\mu\text{m}$
- l'heure de la prise de vue : 11 h 10 GMT à la latitude de la France
- l'orientation de l'orbite de survol :  $12^\circ/192^\circ$  par rapport au Nord géographique.

La simulation est effectuée à partir des données enregistrées par un scanneur Daedalus aéroporté à 10 canaux. Dans le cas de la Corse, le vol d'acquisition a été réalisé par le B 17 de l'IGN dans les conditions suivantes :

- date : 2 Septembre 1980 (fin de saison sèche)
- heure : entre 10 h 55 et 11 h 44 GMT
- altitude : 4000 m/sol ou mer (prise en compte de la plus grande partie des effets atmosphériques)
- axes : 5 axes parallèles conformes à l'orientation de l'orbite SPOT.

Après traitement, les données simulées ont été restituées sous la forme de bandes CCT et de visualisations sur films photographiques réalisées à l'aide d'un restituteur VISUMAT. Ces clichés originaux bruts sont à l'échelle du 1/62500 et traduisent les 3 bandes spectrales en résolution 20 m et le panchromatique en résolution 10 m. La zone d'étude est couverte par 10 scènes qui ne couvrent que 6 x 12 km et ne simulent donc pas la vision synoptique d'une

véritable scène SPOT (60 x 60 km). Ces images ne sont corrigées d'aucune déformation géométrique et ne permettent pas l'obtention de la vision stéréoscopique qu'offriront les véritables images SPOT.

### 3 - METHODOLOGIE

Pour effectuer cette première évaluation de l'imagerie SPOT nous avons opté pour une démarche simple consistant à confronter visuellement (photo-interprétation) les restitutions photographiques des images simulées avec la réalité de terrain appréhendée par l'exploitation conjuguée des trois sources d'information suivantes :

- les cartes thématiques établies sur la zone d'étude par des moyens conventionnels: carte géologique au 1/50 000, carte pédologique au 1/20 000 (zone des collines littorales), carte d'occupation des sols et de végétation au 1/25 000
- une prise de vue aérienne IRC de contrôle réalisée au cours du vol d'acquisition (échelle : 1/25 000)
- des observations au sol réalisées une semaine après le vol d'acquisition (relevé descriptif de parcelles, photographies du terrain).

Les restitutions photographiques utilisées se présentaient sous les formes suivantes :

- agrandissements noir et blanc à partir des films négatifs VISUMAT originaux (échelle approximative du 1/30 000) pour chacune des bandes spectrales 20 m et pour le panchromatique 10 m,
- compositions colorées classiques à partir des 3 canaux S1, S2, S3 en résolution 20 m avec optimisation de la dynamique (échelle 1/62 500 et 1/30 000),
- compositions colorées améliorées obtenues par mixage digital des données multispectrales 20 m et du panchromatique 10 m (traitements effectués par le CNES et permettant de donner aux compositions colorées l'apparence d'une résolution 10 m).

Par ailleurs, les images simulées de SPOT ont été confrontées avec l'imagerie LANDSAT MSS existante (composition colorée d'une image du 22 Août 1979), et avec une prise de vue aérienne à haute altitude de la zone (couverture IRC au 1/90 000 du 12 Août 1974).

### 4 - PREMIERS RESULTATS ET COMMENTAIRES

Nous présentons les premiers résultats obtenus à partir de l'exploitation de 4 scènes sélectionnées parmi les 10 scènes enregistrées sur la zone d'étude. Nous examinerons ces résultats successivement pour les espaces naturels, les espaces agricoles, et les espaces bâtis.

#### 41 - Analyse des espaces naturels

##### 411 - Végétation naturelle et forêts

La photo-interprétation conjuguée des compositions colorées 20 m et du panchro-

matique  
des prin

- f  
- f  
- f  
- f  
- l  
- r

La haute  
textural  
Une fois  
thématic  
homologu  
(1'heure  
zones ac

L'analys  
directe  
stratifi

- d

c

a

c

t

1

(

- e

i

s

s

.

10 m.

lement

trois

- le

da

re

- les

de

Concerna

ci-dessu

ment de

ellement

percepti

tion car

Sur les

végétale

n'est pa

mination

foliés,

de la fl

matique 10 m permet, à l'époque choisie, une bonne discrimination physiologique des principaux types de formations végétales observés dans la zone d'étude :

- forêt dense de feuillus
- forêt dense de résineux
- forêt dense mixte
- forêt claire de résineux et/ou feuillus sur substrat rocheux
- landes et maquis arborés ou non
- ripisylves.

La haute résolution confère aux images une grande richesse d'information texturale et structurale qui permet une photo-interprétation relativement fine. Une fois déterminées les clefs d'interprétation propres à chacune des classes thématiques identifiables, la détermination et la généralisation des unités homologues se font sans difficultés dans les zones éclairées normalement (l'heure de passage de SPOT n'éliminera pas les problèmes d'ombres portées en zones accidentées).

L'analyse texturale et structurale des images permet une certaine approche, directe ou indirecte, des critères de détermination classiques que sont la stratification et le recouvrement de la végétation :

- dans certains cas, et en attendant de pouvoir tester la vision stéréoscopique, nous avons constaté que la rugosité du toit de la végétation arborée (forêt de chêne-liège, maquis arboré, forêts sur substrat rocheux) était perceptible sur les images car la résolution (20 m et surtout 10 m) était suffisante pour qu'apparaissent les ombres portées de lisières, groupes d'arbres, ou arbres isolés de taille importante (apparence de relief).
- en dehors des formations forestières denses facilement identifiables, il est possible de reconnaître à l'époque choisie, la présence d'une strate arborée et d'apprécier son recouvrement dans les cas suivants :
  - . forêt claire de feuillus et/ou résineux sur substrat rocheux ;
  - . landes et maquis arborés dans lesquels la strate arborée se compose de feuillus (chêne-liège, chêne-vert) et surmonte des formations denses et sèches de ligneux bas et d'herbacées.
- le recouvrement des maquis non arborés et des landes peut être apprécié dans les zones où ils se partagent l'espace en mosaïque avec des affleurements rocheux (versants littoraux).
- les ripisylves à Aulne glutineux sont bien visibles même lorsqu'il s'agit de simples boisements de berges linéaires.

Concernant l'appréciation du recouvrement de la végétation dans les cas évoqués ci-dessus, il paraît possible, en première approche, de discriminer visuellement de 2 à 4 classes de recouvrement. Des investigations sont poursuivies actuellement pour préciser ce point et apprécier notamment le seuil minimal de perceptibilité (taux de recouvrement minimum) et les conditions de généralisation cartographique des classements.

Sur les images étudiées, l'approche de la composition spécifique des formations végétales ne peut aller au delà de la distinction feuillus-résineux. Mais il n'est pas à exclure qu'une analyse multitemporelle puisse permettre des discriminations plus poussées : distinction feuillus sempervirents - feuillus caducifoliés, détection globale ou sélective des formations arbustives du maquis lors de la floraison printanière qui s'échelonne dans le temps selon les espèces.

La détection et la délimitation des zones incendiées pendant l'été 1980 (essentiellement du maquis) sont excellentes sur les images du canal S3 (infra-rouge) et sur les compositions colorées.

La haute résolution permet de distinguer des nuances à l'intérieur des zones incendiées comme, par exemple, la présence d'un pare-feux qui n'a pas rempli son rôle, ou les bordures de feux où la végétation n'a que partiellement brûlé.

Nous avons pu observer un incendie en cours près de Porto-Vecchio. Le foyer est visible sur la composition colorée (1 à 2 pixels correspondent à des flammes), ainsi que le panache de fumée qui apparaît bien sur le canal S1.

#### 412 - Littoral, plans d'eau et zones humides

Sur les images simulées, la frange littorale peut être analysée avec finesse. La limite terre-mer est nette et peut être cartographiée avec précision (canal S3). La distinction entre les côtes rocheuses découpées et les plages sableuses ne pose pas de problème. Il est même possible de visualiser des hauts fonds sableux dans certaines criques (bien visibles dans le canal S1 et sur les compositions colorées).

L'identification des étangs littoraux, marais, salines, gravières inondées (delta de l'Oso), est bonne sur le canal S3 et sur les compositions colorées. En résolution 10 m, les limites des plans d'eau sont nettes. Un étang partiellement recouvert de végétaux aquatiques a pu être identifié sans difficulté, et il a été possible de délimiter cartographiquement l'extension de la végétation par rapport à l'eau libre.

#### 42 - Analyse des espaces agricoles

Sur les scènes analysées la détection globale du domaine agricole utilisé (dans le sens S.A.Ut : Surface Agricole Utilisée) ne pose pas de problème lorsqu'on utilise conjointement les compositions colorées 20 m et le panchromatique 10 m. Tous les groupes de parcelles et parcelles isolées se différencient nettement des espaces naturels environnants, et ceci quelles que soient leur taille, leur forme et leur occupation végétale. Les critères de structure et de texture de l'image se sont, là encore, révélés déterminants. Il devient possible d'individualiser chaque parcelle culturale et même de "pénétrer" à l'intérieur de celle-ci pour y détecter certaines particularités de texture ou de structure traduisant l'hétérogénéité du sol et de sa couverture végétale.

Nous avons examiné plus particulièrement des parcelles de vignes, de vergers, et de prairies afin d'apprécier les possibilités de discrimination de ces différents modes d'occupation du sol:

##### • Vignes et vergers

Les parcelles de vignes étudiées font partie du vignoble de Porto-Vecchio qui est relativement jeune (âge moyen de 9 ans environ), et moderne (plantation en ligne avec palissage et écartement de 2 à 3 m permettant la mécanisation). Parmi les parcelles examinées certaines présentaient un couvert herbacé sec sous la vigne, d'autres le sol nu (binage récent). L'orientation des rangées de vigne varie d'une parcelle à l'autre ce qui permet de prendre en compte l'effet éventuel de cette orientation (ombres portées).

Les parcelles  
tant, comme  
rangées de  
des rangées

Dans tous  
fisante po  
fortiori,  
vrement de  
type de vé  
ou le sol  
ainsi des

La plupart  
utilisées

A l'époque  
lorsqu'ell  
à strate h  
mont, bas-  
tions colo

L'identifi  
bordées de  
est diffic  
trancher d  
d'arbres o  
cas la str  
ombres por

Comme on l  
trois mode  
La résolut  
propres au  
et de l'ar  
réponses s  
discrimina

Cette prem  
analyse nu  
ment par u  
bilités de

Les images  
dense (cen  
que la voi

1980 (essen-  
(infra-rouge)

des zones  
pas rempli  
lement brûlé.

Le foyer  
à des  
anal S1.

avec finesse.  
ision (canal  
ges sableuses  
uts fonds  
sur les compo-

inondées (del-  
lorées.  
ang partielle-  
ficulté, et  
a végétation

utilisé (dans  
e lorsqu'on  
matique 10 m.  
nettement  
taille, leur  
texture de  
le d'indi-  
rieur de  
structure

le vergers,  
de ces dif-

ecchio qui  
antation  
nisation).  
bacé sec  
s rangées  
compte

Les parcelles en arboriculture, portent de jeunes oliviers ou pêchers, surmontant, comme les vignes, le sol nu ou un couvert herbacé sec. L'orientation des rangées d'arbres est variable selon les parcelles. L'écartement des plants et des rangées est de l'ordre de 2 à 3 m selon les parcelles.

Dans tous les cas examinés, la résolution des images (20 m et 10 m) est insuffisante pour faire apparaître une structure d'images liée aux vergers et, a fortiori, à la vigne. Comme pour les images LANDSAT MSS il semble que le recouvrement de la végétation ait une influence globalement plus importante que le type de végétation, et, dans les parcelles étudiées, c'est le couvert herbacé ou le sol nu sous-jacents aux vignes qui apparaissent sur l'image entraînant ainsi des confusions.

#### • Prairies et pâturages

La plupart des parcelles étudiées sont des prairies naturelles permanentes utilisées comme pâturages d'hiver pour le bétail (bovins, ovins, caprins).

A l'époque de la simulation, les prairies ouvertes sont difficiles à identifier lorsqu'elles sont sèches, en raison des risques de confusion avec les vignes à strate herbacée sèche. Lorsqu'elles sont humides (zones de sources du piedmont, bas-fonds), leur identification est relativement facile sur les compositions colorées (teinte rose caractéristique).

L'identification des pâturages boisés, qu'il s'agisse de bocage (parcelles bordées de haies vives), ou de pré-bois (prairies boisées de chêne-liège), est difficile en résolution 20 m. Les images en résolution 10 m permettent de trancher dans la plupart des cas pour le pré-bois (identification de bouquets d'arbres ou d'arbres isolés de taille importante), et révèlent dans certains cas la structure bocagère (haies de taille importante soulignées par les ombres portées).

Comme on le voit, à la date de la simulation, la discrimination visuelle des trois modes d'occupation du sol étudiés est difficile sur l'imagerie SPOT. La résolution est suffisante pour faire apparaître des structures d'image propres au bocage et au pré-bois, mais insuffisante dans les cas de la vigne et de l'arboriculture. Quant aux textures, qui traduisent sur les images les réponses spectrales des différentes parcelles, elles ne sont pas suffisamment discriminantes pour une analyse par photo-interprétation.

Cette première approche nous conduit à poursuivre notre investigation par une analyse numérique des données radiométriques (étude en cours), et éventuellement par une simulation multitemporelle, ceci afin de tester toutes les possibilités de discrimination qu'offriront les données SPOT.

#### 43 - Analyse de l'habitat et de la voirie

Les images en panchromatique 10 m révèlent de façon très nette l'habitat groupé dense (centre urbain de Porto-Vecchio) et pavillonnaire (lotissements) ainsi que la voirie principale revêtue. Ces images permettent également une bonne

détection de l'habitat dispersé et notamment du phénomène de "mitage" des espaces naturels et agricoles par des constructions diffuses. En revanche, la voirie secondaire non revêtue (chemins ruraux, pistes forestières) n'est pas visible dans tous les cas car l'insuffisance de résolution n'est pas toujours compensée par le contraste entre les pixels influencés par le chemin et ceux influencés par l'environnement (cas des chemins enherbés).

Les images en résolution 20 m sont suffisantes pour détecter les diverses formes d'habitat groupé et la voirie principale mais ne permettent pas dans tous les cas d'appréhender l'habitat dispersé, ni a fortiori la voirie secondaire.

Il convient de noter que l'identification visuelle de l'habitat et de la voirie est immédiate grâce à la présence sur les images de structures spécifiques induites par la haute résolution. Il est peu probable que les logiciels de classification existants puissent permettre une discrimination aussi facile et rapide des diverses formes d'habitat et de voirie (non prise en compte des critères de forme qui deviennent déterminants avec l'imagerie SPOT).

#### CONCLUSIONS

Bien qu'ils soient partiels et fondés sur la seule exploitation visuelle des images simulées, les premiers résultats obtenus sur la zone-test de Porto-Vecchio permettent de dégager quelques éléments de conclusion sur ce que sera l'apport spécifique de l'imagerie SPOT pour l'analyse des paysages complexes du domaine méditerranéen :

- 1°/- La confrontation des images simulées de SPOT avec l'imagerie LANDSAT MSS et les photographies aériennes IRC prise à haute altitude montre que l'imagerie SPOT sera plus proche de ces dernières grâce à sa résolution. Elle devrait ainsi constituer, pour certaines études de reconnaissance de la végétation et de l'occupation des sols, une alternative intéressante à la photographie aérienne à petite échelle (1/60 000 à 1/100 000) dont on connaît bien les performances originales mais aussi les difficultés de mise en oeuvre qui en limitent souvent l'emploi.
- 2°/- La haute résolution de l'imagerie SPOT induit l'apparition de textures et de structures d'image qui permettent d'appliquer les procédures bien connues de photo-identification (par exemple : reconnaissance immédiate de l'habitat et de la voirie par leurs formes) et de photo-interprétation (identification de certaines formations végétales en utilisant des critères de recouvrement et de stratification). Ceci conduira nécessairement à développer de nouveaux logiciels de classification, car la plupart des logiciels mis au point pour traiter l'imagerie LANDSAT MSS risquent d'être inadaptés à une prise en compte de toute la richesse d'information texturale et structurale contenue dans une image SPOT, notamment dans des paysages comparables à ceux du monde méditerranéen.
- 3°/- L'utilisation de séries d'images SPOT multitemporelles sera nécessaire pour une bonne discrimination du couvert végétal. Dans le cas de la végétation naturelle et des forêts étudiées, l'exploitation de 2 à 3 dates bien choisies devraient permettre d'affiner les résultats obtenus

à un  
class  
et la  
agric  
ploie  
guite

4°/- Le m  
10 m  
dans  
l'ind  
face  
les f  
litté

A cet  
par l  
multi

Nous pour  
Vecchio pa  
fications,  
afin de co  
simulée.

#### Références

- B.D.P.A.  
Carte d  
Feuille
- DUPIAS  
Carte d  
Service
- LANNELLO  
Simulat
- REVILLI  
Simulat  
Fice OS



à une seule date, en permettant de subdiviser éventuellement certaines classes physionomiques de végétation et aussi de préciser le recouvrement et la stratification des formations végétales. Dans le cas des parcelles agricoles analysées (prairies permanentes, vigne, arboriculture), l'exploitation de 2 ou 3 dates devrait également permettre de lever les ambiguïtés constatées à la date de la simulation.

4°/- Le mode multispectral résolution 20 m et le mode panchromatique résolution 10 m se révèlent complémentaires pour l'analyse de l'occupation des sols dans les paysages hétérogènes et complexes. Le multispectral 20 m apporte l'information radiométrique permettant de différencier les états de surface du sol, tandis que le panchromatique 10 m révèle les structures et les formes (limites précises d'unités, boisements linéaires et ponctuels, littoral, habitat, voirie).

A cet égard, on peut noter l'intérêt des compositions colorées réalisées par le CNES à partir d'un mixage digital des données simulées 20 m multispectral et 10 m panchromatique.

Nous poursuivons actuellement nos investigations sur la zone-test de Porto-Vecchio par le traitement numérique des données simulées (essais de classifications, calcul d'un index de végétation et d'un index de brillance) ceci afin de compléter cette première évaluation visuelle de l'imagerie SPOT simulée.

#### Références bibliographiques

- B.D.P.A./C.E.P.E./SODETEG - (1976)  
Carte des caractéristiques du couvert végétal de la Corse au 1/25 000  
Feuille n° 40.
- DUPIAS G. et GAUSSEN H. - (1965)  
Carte de la végétation de la Corse et notice sommaire.  
Service de la carte de végétation du CNRS - Toulouse.
- LANNELONGUE N. et SAINT G. - (1982)  
Simulation d'images SPOT - Filière radiométrique, Fiche F 2 - GDTA Toulouse.
- REVILLION P.Y. - (1982)  
Simulation d'images SPOT - Occupation des sols en Corse  
Fiche OS 1 - GDTA Toulouse.

